

51

Int. Cl.:

H 01 q, 3/26

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl: 21 a4, 46/01

10

11

# Offenlegungsschrift 2 359 846

21

Aktenzeichen: P 23 59 846.1

22

Anmeldetag: 30. November 1973

43

Offenlegungstag: 20. Juni 1974

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum:

18. Dezember 1972

33

Land:

V. St. v. Amerika

31

Aktenzeichen:

316046

54

Bezeichnung:

Antennenzeile für elektrische Strahlschwenkung

61

Zusatz zu:

—

62

Ausscheidung aus:

—

71

Anmelder:

International Standard Electric Corp., New York, N.Y. (V.St.A.)

Vertreter gem. § 16 PatG:

Thul, L., Dipl.-Phys., Patentanw., 7000 Stuttgart

72

Als Erfinder benannt:

Nemit, Jeffrey Thomas, Canoga Park, Calif. (V.St.A.)

DT 2 359 846

BEST AVAILABLE COPY

Dipl.-Phys. Leo Thul  
Patentanwalt  
7 Stuttgart 30  
Kurze Straße 8

2359846

J.T.Nemit-4

INTERNATIONAL STANDARD ELECTRIC CORPORATION, NEW YORK

### Antennenzeile für elektrische Strahlschwenkung

Die Erfindung betrifft eine Antennenzeile für elektrische Strahlschwenkung mit N Einzelstrahlern, die über eine Verteilerschaltung und Phasenschieber gespeist werden.

Solche Antennenzeilen werden bei Antennenanlagen mit elektrischer Strahlschwenkung benötigt, wie sie im "Radar Handbook", M.Skolnik Mc.Graw-Hill-Verlag (1970), Kapitel 11 beschrieben sind. Sie haben je Einzelstrahler einen steuerbaren Phasenschieber.

Es ist Aufgabe der Erfindung, die Zahl der benötigten Phasenschieber bei derartigen Antennenanlagen zu vermindern.

Die Erfindung wird nun anhand der Zeichnungen beispielsweise näher erläutert.

Sm/Scho  
24.11.1973

409825/0782

K 001912

J.T.Nemit-4

Es zeigen:

- Fig.1 eine bekannte Antennenanlage mit Einzelstrahlern und Phasenschiebern;
- Fig.2 die Lage der Hauptkeule nullter Ordnung und relativ dazu die Lage einer Hauptkeule höherer Ordnung für die Antennenanlage nach Fig.1;
- Fig.3 ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Antennenanlage mit einer Verbindungsschaltung für Teilantennenzeilen und einer Verteilerschaltung;
- Fig.4 die Lage der Hauptkeule nullter Ordnung und relativ dazu die Lagen von Hauptkeulen höherer Ordnung für die Antennenanlage nach Fig.3;
- Fig.5 eine Verbindungsschaltung;
- Fig.6 ein auf 1 normierter Feldstärkenverlauf für eine Teilantennenzeile als Funktion des Schwenkwinkels;
- Fig.7 eine Schaltung zur Speisung von Teilantennenzeilen, die Teil einer flächenartigen Antennenanlage sind, mit der Strahlschwenkungen in einem bestimmten Raumbereich möglich sind.

In Fig.1 ist eine Antennenzeile nach dem Stand der Technik gezeigt. Dabei sind  $N$  Einzelstrahlern  $N$  Phasenschieber zugeordnet. Die Einzelstrahler sind mit 1, 2 und 3 und die entsprechenden Phasenschieber mit 4, 5 und 6 bezeichnet. Eine Verteilerschaltung 7 teilt beim Sendebetrieb die an ihrem Eingang 8 eingespeiste E-

J.T.Nemit-4

auf die Einzelstrahler  
nergieVauf. Wird die Antennenanlage zum Empfang verwendet, dann  
wird durch die Verteilerschaltung 7 die von den Einzelantennen  
aufgenommene Energie der Klemme 8 zugeführt, die jetzt der Aus-  
gang ist.

Im nachstehenden Text werden folgende Symbole verwendet:

$\theta$  = Beobachtungswinkel

$\theta_0$  = Schwenkwinkel für eine Hauptkeule nullter Ordnung

$\theta_g$  = Winkel der Hauptkeule höherer Ordnung

$\lambda$  = Wellenlänge

S = Abstand der einzelnen Elemente

$U_0 = \sin \theta_0$

$U_g = \sin \theta_g$

$U_{\max} = \sin \theta_{\max}$

Das Diagramm in Fig.2 zeigt, daß durch das Vorhandensein einer  
Hauptkeule höherer Ordnung der Schwenkbereich für die Haupt-  
keule nullter Ordnung beschränkt wird.

Der gewünschte Schwenkbereich für die Hauptkeule nullter Ord-  
nung ist mit  $\pm U_{\max}$  bezeichnet. In Ruhestellung ist die Haupt-  
keule nullter Ordnung in Richtung  $\theta_0$  gerichtet. Die störende  
Hauptkeule höherer Ordnung bei  $U_g$  hat von  $U_0$  einen Abstand  $\frac{\lambda}{S}$ .  
Aus dem Diagramm ist der Zusammenhang zwischen der räumlichen  
Anordnung der einzelnen Antennenelemente, der verwendeten Wel-  
lenlänge und dem verfügbaren Schwenkbereich zu entnehmen.

Fig.3 zeigt ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Antennen-  
anlage. N Einzelstrahler 9, 10, 11 entsprechen den Einzelstrah-  
lern 1,2 und 3 aus Fig.1. Einem Ein/Ausgang 17 in Fig.3 ent-  
spricht der Ein/Ausgang der Fig.1. Eine Verteilerschaltung 16  
entspricht der Verteilerschaltung 7 aus Fig.1. Eine Verbindungs-

409825/0782

K 001914

J.T.Nemit-4

Schaltung für Teilantennenzeilen ist mit 15 bezeichnet. Bei dieser Antenne sind M Phasenschieber 12, 13 und 14 vorhanden, wobei M kleiner als N (N ist die Zahl der Einzelstrahler) ist.

Über einen Teilantennenzeilen-Eingang werden von jedem der M Phasenschieber mehrere der N Einzelstrahler gespeist. Dabei ist der Abstand  $\hat{S}$  der Mittelpunkte der Teilantennenzeilen größer als der Abstand der Einzelstrahler. Eine Überlagerung der Strahlungsdiagramme der Teilantennenzeilen ergibt das Strahlungsdiagramm der Antennenanlage. Es kann beschrieben werden durch

$$\mathcal{P}(u) = F(u)A(u),$$

wobei

$$F(u) = (\text{Teilantennenzeilenfaktor}) \mathcal{P}_0(u)$$

$$\mathcal{P}(u) = \text{Strahlungsdiagramm des Einzelstrahlers}$$

$$A(u) = \text{Antennenzeilenfaktor} = \sum_{n=0}^{N-1} f(n\hat{S}) \exp.jK_0 n\hat{S}(u-v) \quad (2)$$

$$U = \sin\theta \text{ Beobachtungsparameter}$$

$$= \sin\theta_0 \text{ Schwenkparameter der gewünschten Strahlungskeule}$$

Die Hauptkeulenhöherer Ordnung des Antennenzeilenfaktors liegen bei

$$\sin\theta_g = \sin\theta_0 + \frac{\lambda}{\hat{S}} n \quad (3)$$

mit  $n = 1, 2, \dots$

Gleichung 2 ist die mathematische Beschreibung der Anordnung nach Fig.3. Die mathematische Aussage der Gleichung (3) ist in Fig.4 graphisch dargestellt.

Durch geeignete Wahl des Abstandes der Teilantennenzeilen erreicht man, daß sich die Hauptkeulen höherer Ordnung außerhalb des Schwenkbereichs der Hauptkeule nullter Ordnung befinden. Dieser

J.T.Nemit-4

Abstand ist bestimmt durch

$$\frac{\hat{S}}{\lambda} < \frac{1}{2(\sin\theta_{\text{max}})} \quad (4)$$

Die an sich noch vorhandenen Hauptkeulen höherer Ordnung werden unterdrückt, wenn man das idealisierte Strahlungsdiagramm für die Teilantennenzeile gemäß Fig.4 verwendet. Die Zahl der Phasenschieber läßt sich um einen Faktor G vermindern. G ist bestimmt durch

$$G = \frac{\hat{S}}{S} = \frac{1 + (\sin\theta_{\text{max}})}{2(\sin\theta_{\text{max}})} \geq 1 \quad (5)$$

Nachfolgend wird ein Verfahren angegeben, mit dem man ein beinahe ideales Strahlungsdiagramm der Teilantennenzeile erreicht, um die Zahl der Phasenschieber wesentlich vermindern zu können.

Wenn die Länge der Teilantennenzeile auf  $\hat{S}$  begrenzt wird, ist keine Annäherung an das ideale Strahlungsdiagramm der Teilantennenzeile zu erreichen. Eine Lösung des Problems ist nur dadurch möglich, daß über jeden Teilantennenzeilen-Eingang und dem damit verbundenen Phasenschieber sich überlappende Untergruppen mit Hilfe von Verbindungsschaltungen gespeist werden. Dadurch ist eine Vergrößerung der Teilantennenzeile möglich. Mit dieser Vergrößerung kommt man dem idealen Strahlungsdiagramm für die Antennenzeile nahe. Damit wiederum ist eine Unterdrückung der unerwünschten Hauptkeulen höherer Ordnung möglich.

In Fig.5 ist eine vereinfachte Darstellung einer linearen Antennenzeile mit einem Schwenkbereich von  $\pm 10^\circ$  gezeigt.

In Fig.6 ist der Verlauf des Strahlungsdiagrammes für eine Teilantennenzeile zu sehen. Legt man die Hauptkeulen höherer Ordnung an die in Fig.6 mit Bereich für Hauptkeulen höherer Ordnung bezeichnete Stelle - man erreicht dies durch entsprechende

409825/0782

K 001916

J.T.Nemit-4

räumliche Anordnung der Teilantennenzeilen-Eingänge in einer Anordnung, wie sie z.B. in Fig.5 dargestellt ist - dann ergibt sich eine starke Verminderung der Amplitude der Hauptkeulen höherer Ordnung. In dem gezeigten Diagramm werden die Hauptkeulen höherer Ordnung um 23 db geschwächt.

Bei der Anordnung nach Fig.5 werden von einem Verzweigungspunkt 24 oder 26 der Speiseleitung aus drei Einzelstrahler gespeist. Die Einzelstrahler 18, 19 und 20 werden vom Verzweigungspunkt 24 aus und die Einzelstrahler 20, 21 und 22 vom Verzweigungspunkt 26 aus gespeist. Der Einzelstrahler 20 wird also von den Verzweigungspunkten 24 und 26 gespeist. 23, 25 und 27 sind Koppелеlemente für die entsprechenden Einzelstrahler. Sie führen Energie, die aus verschiedenen Zuleitungen stammt, einem Einzelstrahler zu. Den Verzweigungspunkten 24 und 26 wird die Energie über Phasenschieber 28 und 29 zugeführt. Der Verzweigungspunkt 26 wird im folgenden genauer betrachtet. Dieser Verzweigungspunkt hat 3 Ausgänge; einen Ausgang  $S_0$  zum Einzelstrahler 21 und zwei Ausgänge  $S_1$  zu den Koppeln 25 und 27. In der Speiseleitung nach  $S_0$  ist die relative Energie 0,6635 und in den Speiseleitungen von  $S_1$  aus jeweils  $0,3348 \sqrt{2}$ . Jeder der Einzelstrahler 20 und 22 wird demnach mit der Energie  $\frac{S_1}{\sqrt{2}}$  gespeist.

Die Einzelstrahler haben in Fig.5 einen Abstand von  $0,7 \lambda_0$ . Als Folge des bestimmten Abstands ( $0,7 \lambda_0$ ) und der oben beschriebenen Energieaufteilung in den Speiseleitungen, ergibt sich die in Fig.6 dargestellte Unterdrückung der Hauptkeulen höherer Ordnung.

Bei der Einsparung von Phasenschiebern muß darauf geachtet werden, daß das Strahlungsdiagramm im Schwenkbereich der Hauptkeule nullter Ordnung seinen maximalen Wert, in den Bereichen, in

J.T.Nemit-4

denen Hauptkeulen höherer Ordnung vorkommen, seinen minimalen Wert hat. Der Bereich, in dem Hauptkeulen höherer Ordnung vorkommen, ist folgendermaßen definiert:

$$\langle U_g \rangle = \langle v \rangle \pm \frac{\lambda n}{S}$$

mit  $n=1,2,\dots$  und  $\langle v \rangle$  = Schwenkbereich.

Die maximale Verminderung der Zahl der Phasenschieber ist durch den Faktor  $G$  nach Gleichung (5) festgelegt. Die verwirklichte Verminderung hängt davon ab, wie stark die Hauptkeulen höherer Ordnung unterdrückt werden müssen und vom vertretbaren Schaltungsaufwand für die Verbindungsschaltung. Der Schwenkbereich kann von der Breitseite weggedreht werden. Dadurch kann die Zahl der Phasenschieber noch stärker vermindert werden.  $G$  wird durch

$$G = \frac{1 + (\sin \theta_{0 \max})}{\sin \theta_{0 \max} - \sin \theta_{0 \min}} \quad \text{bestimmt}$$

mit

$$\langle v \rangle = \sin \theta_{0 \max} - \sin \theta_{0 \min} = \text{Schwenkbereich.}$$

Bei diesem Verfahren müssen die Phasenschieber entsprechend programmiert sein.

Bei einem Schwenkbereich für die Hauptkeule nullter Ordnung von  $\pm 10^\circ$  wird die Zahl der Phasenschieber gegenüber herkömmlichen Antennen um einen Faktor 3,35 vermindert. Bei einer Antenne nach Fig.5 erniedrigt sich die Zahl der benötigten Phasenschieber gegenüber herkömmlichen Antennen auf die Hälfte.

Die beschriebene Schaltung zur Verminderung der Phasenschieber kann auch bei flächenhaft ausgedehnten Antennenanlagen, mit denen Schwenkungen in 2 Ebenen (z.B. horizontal und vertikal) möglich sind, angewendet werden. Mehrere Einzelstrahler werden zu einer

409825/0782

K 001918



J.T.Nemit-4

Teilantennenanlage zusammengefaßt. Wie bei der linearen Anordnung muß auch hier das Strahlungsdiagramm der Teilantennenanlage im Schwenkbereich maximal und im Bereich der Hauptkeulen höherer Ordnung minimal sein. In Fig.7 ist eine Schaltung zur Speisung einer flächenhaften Antennenanordnung, bei der die Einzelstrahler in Dreieckform angeordnet sind, gezeigt. Diese Anordnung ist für einen Schwenkbereich von  $10^\circ$  geeignet. Die Unterdrückung des Strahlungsdiagramms im Bereich der Hauptkeulen höherer Ordnung beträgt 23 db.

In Fig.7 sind die Haupteinzelstrahler 30, 31, 32, 33, 34, 35 und 36 vergleichbar mit den Haupteinzelstrahlern 19 und 21 aus Fig.5. Die Einzelstrahler 37 bis 48 in Fig.7 sind mit den Einzelstrahlern 20 und 22 zu vergleichen, da sie durch Speiseleitungen  $S_1$  angeregt werden, die von den Koppellementen kommen, die sich an den gleichen Stellen wie die Einzelstrahler befinden, und weil sie in Bezug auf die Hauptstrahler ähnlich angeordnet sind wie in Fig.5. In Fig.7 sind die relativen Speisespannungsverhältnisse bei  $S_0=1,00$  und bei  $S_1=0,576 \times \sqrt{2}$ . Die Signale werden mit Hilfe eines Hybrids aufsummiert, das sich bei jedem der gekoppelten Elemente befindet. Diese Hybride entsprechen den Koppellementen 23, 25 und 27 in Fig.5. Ein wesentlicher Unterschied, verglichen mit Fig.5, liegt darin, daß vom Verzweigungspunkt aus, von dem aus das Signal  $S_0$  dem Haupteinzelstrahler zugeführt wird, 6 Speiseleitungen weggeführt werden. Die über diese Speiseleitungen übertragenen Signale werden mit  $S_1$  bezeichnet. Diese Signale werden den gekoppelten Elementen 37 bis 42 über Hybridkoppler zugeführt. Diese Hybridkoppler sind auch mit den Verzweigungspunkten, über die die Haupteinzelstrahler 31 bis 36 gespeist werden, verbunden.

409825/0782

K 001919

J.T.Nemit-4

Patentansprüche

1. Antennenzeile für elektrische Strahlschwenkung mit N Einzelstrahlern, die über eine Verteilerschaltung und Phasenschieber gespeist werden, dadurch gekennzeichnet, daß M Phasenschieber (12, 13, 14) ( $M < N$ ) vorgesehen sind, die über eine gemeinsame Verbindungsschaltung (15) an die N Einzelstrahler (9, 10, 11) angeschlossen sind, derart, daß jeweils ein Phasenschieber (28) mehrere Einzelstrahler (18, 19, 20) speist.
2. Antennenzeile nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils mehrere Einzelstrahler (20, 21, 22) zu Teilantennenzeilen zusammengefaßt sind, wobei sich die Teilantennenzeilen überlappen.
3. Antennenzeile nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in der Verbindungsschaltung (15) Verteiler (24, 26) vorhanden sind, von denen aus eine Speiseleitung vom Hauptausgang zu einem sogenannten Haupteinzelstrahler (21) führt und mehrere Speiseleitungen von Nebenausgängen zu Einzelstrahlern (20, 22), die dem Haupteinzelstrahler benachbart sind, führen.
4. Antennenzeile nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß über die Ausgänge jeweils ein vorbestimmter Teil der Energie über entsprechende Phasenschieber und Verteiler in die Speiseleitungen gelangt.

409825/0782

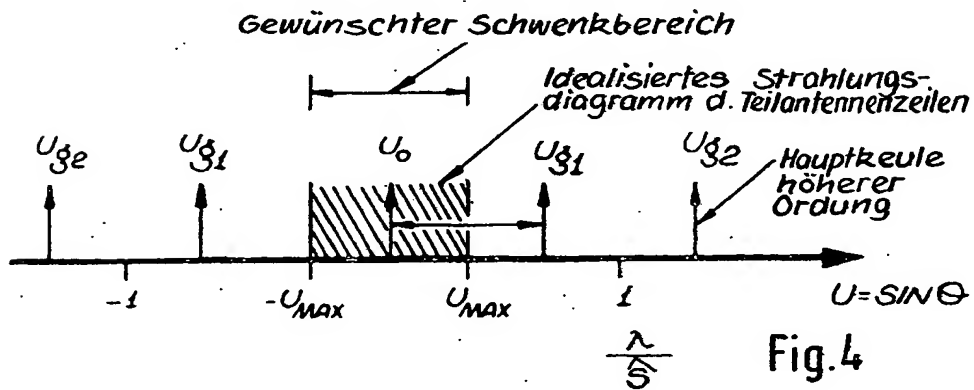
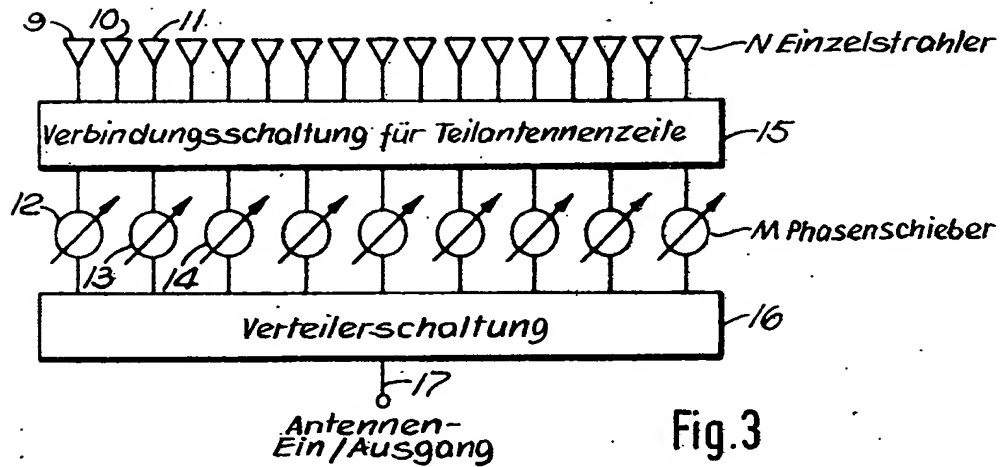
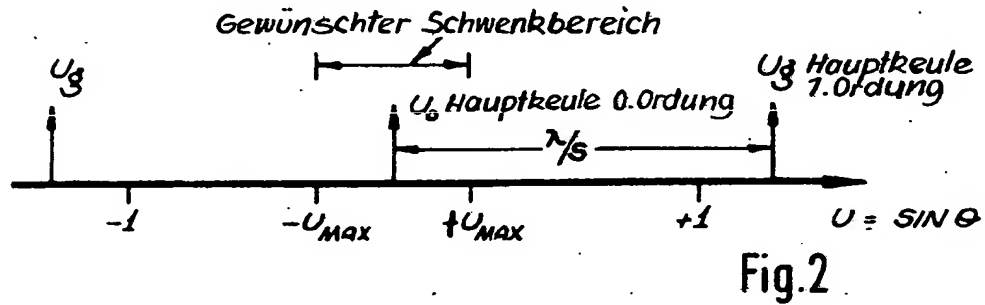
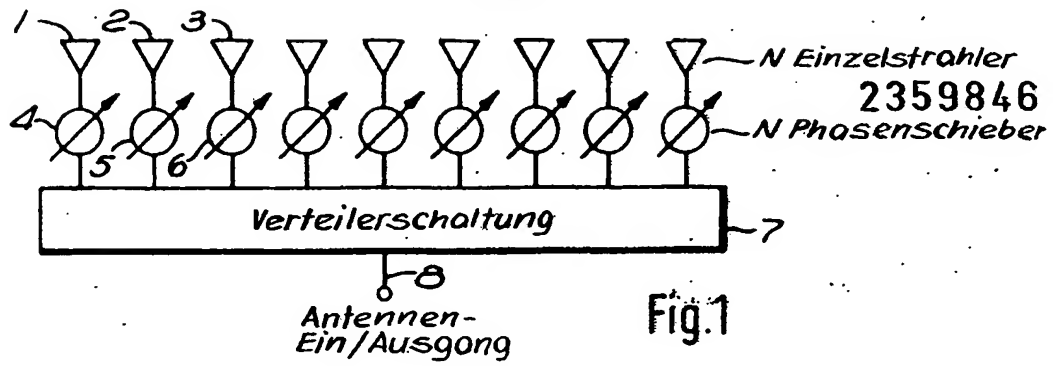
K 001920

J.T.Nemit- 4

5. Antennenzeile nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß Schaltelemente (25) an den Einzelstrahlern, mit Ausnahme des Haupteinzelstrahlers, vorhanden sind, die die Energie, die von den Speiseleitungen von verschiedenen Verteilern stammt, vereinigt und jeweils einem Einzelstrahler zuführen.
6. Antennenzeile nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Antenne aus einer Antennenzeile mit mehreren Teilantennenzeilen besteht, daß die Haupteinzelstrahler alternierend angeordnet sind und daß auf jeder Seite des Haupteinzelstrahlers mindestens ein weiterer Einzelstrahler angeordnet ist.
7. Antennenzeile nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelstrahler flächenhaft angeordnet sind.

*M*  
Leerseite

K 001922



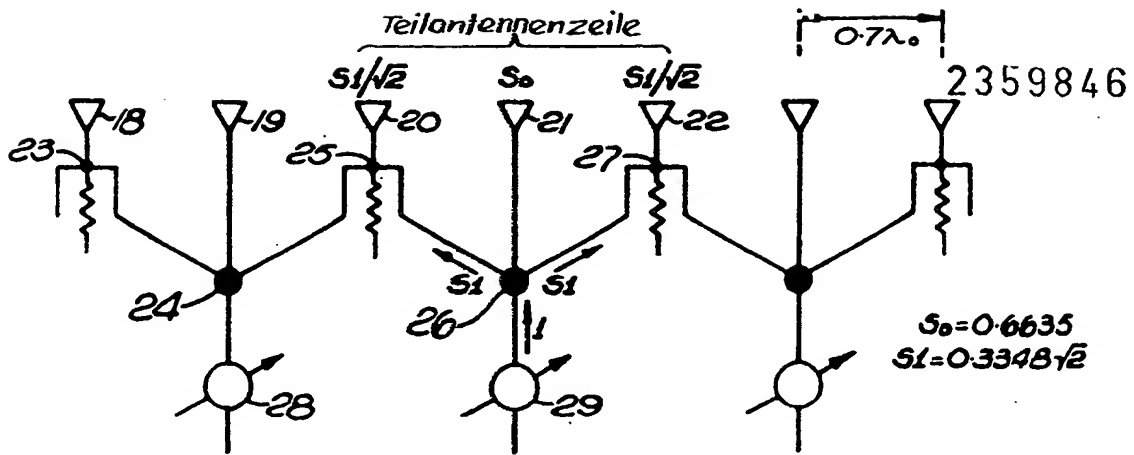


Fig.5

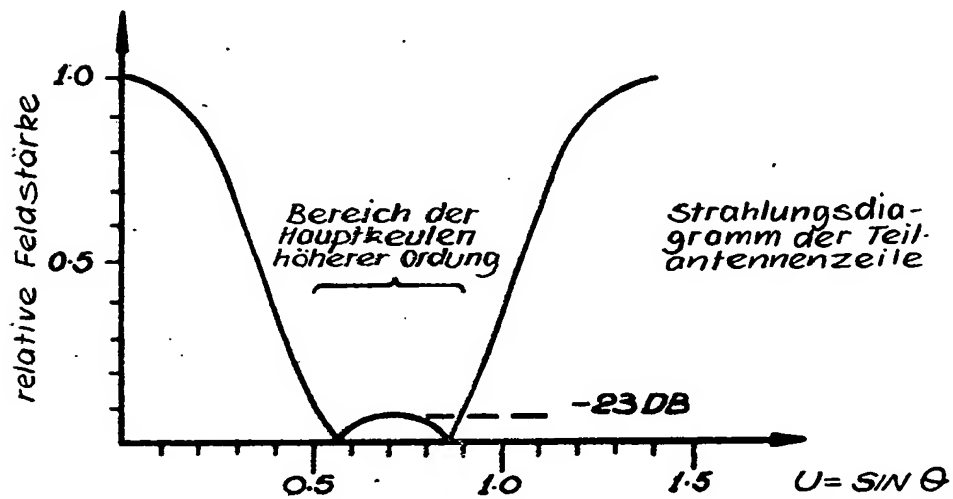


Fig.6

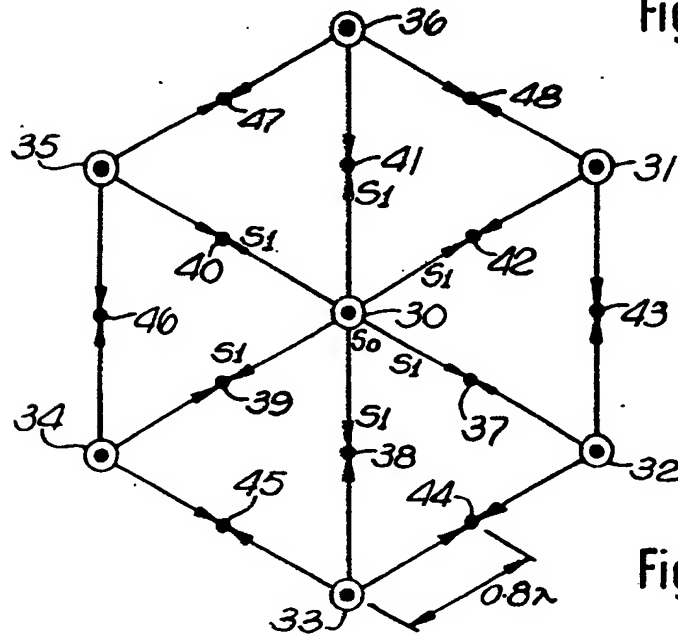


Fig.7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**